

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 20 639 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**F 01 N 9/00**  
F 02 D 43/00

21 Aktenzeichen: 100 20 639.5  
22 Anmeldetag: 27. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 30. 11. 2000

30 Unionspriorität:  
09/315,223 19. 05. 1999 US

71 Anmelder:  
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich.,  
US

74 Vertreter:  
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,  
80538 München

72 Erfinder:  
Farmer, David George, Plymouth, Mich., US;  
Surnilla, Gopichandra, Westland, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Temperaturregelungssystem für Schadstoffbegrenzungsvorrichtung

57 Ein Temperaturregelungssystem für NO<sub>x</sub>-Abscheider zur Entschwefelung des Abscheiders arbeitet mit einem Motor mit einigen Zylindern, in denen magerere Verbrennung stattfindet, und mit einigen Zylindern, in denen fette Verbrennung stattfindet. Die mageren und die fetten Verbrennungsabgase werden zur Ausbildung eines Gemischs zusammengebracht, das mit dem Ziel, eine exotherme Reaktion zu bewirken, dem Abscheider zugeführt wird. Das gewünschte magerere Kraftstoff-Luft-Verhältnis und das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis der entsprechenden, mit magerem und mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder werden in Abhängigkeit von der Abscheidertemperatur und einer inkrementalen Wärmezufuhr begrenzt, damit keine ungewollte Verringerung der Abscheidertemperatur auftritt.

DE 100 20 639 A 1

DE 100 20 639 A 1

Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Schadstoffbegrenzungsvorrichtung während der Entschwefelung.

Es sind Motorensysteme bekannt, bei denen der Motor zur Optimierung des Kraftstoffverbrauchs mit magerer Verbrennung bzw. einem mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis (Kraftstoff-Luft-Verhältnis für ein mageres Gemisch) betrieben wird. Um den Bedingungen einer mageren Verbrennung Rechnung zu tragen, werden Schadstoffbegrenzungsvorrichtungen wie Stickoxid-Abscheider ( $\text{NO}_x$ -Abscheider) zur Adsorption der Stickoxidemissionen eingesetzt, die der Motor beim Betrieb mit einem mageren Kraftstoff-Luft-Gemisch produziert. Die adsorbierten Stickoxide werden regelmäßig durch Betrieb des Motors mit fetter Verbrennung bzw. einem fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis (Kraftstoff-Luft-Verhältnis für ein fettes Gemisch) beseitigt.

Während des normalen Betriebs mit magerem und fettem Gemisch kann es vorkommen, daß sich der im Kraftstoff enthaltene Schwefel in der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung einlagert. Dadurch verschlechtert sich nach und nach die Adsorptionsfähigkeit der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung für Stickoxide sowie die Wirksamkeit der Vorrichtung. Zur Kompensation des Schwefeleffekts stehen mehrere Verfahren zur Schwefeldekontamination zur Verfügung.

Eines der Verfahren zur Schwefeldekontamination erfordert die Anhebung der Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung auf einen vorbestimmten Wert. Anschließend wird, während die katalytische Masse zur Verringerung des in der Vorrichtung eingelagerten Schwefels diese erhöhte Temperatur aufweist, zusätzlicher Kraftstoff eingespritzt. Zur Erhöhung der Temperatur der Vorrichtung arbeiten einige Zylinder mit magerem Gemisch und einige Zylinder mit fettem Gemisch. Beim Zusammentreffen der mageren und der fetten Abgase in der Vorrichtung finden exotherme Reaktionen statt, wobei Wärme zur Erhöhung der Temperatur der Vorrichtung frei wird. Zur Aufrechterhaltung eines gewünschten Werts für das mittlere Kraftstoff-Luft-Verhältnis der gemischten Abgase werden für das magere und das fette Abgas bestimmte gewünschte magere bzw. fette Kraftstoff-Luft-Verhältnisse beibehalten. Die gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisse für das magere und das fette Gemisch werden durch Abfragen einer Tabelle mit verschiedenen Korrekturfaktoren ermittelt. Zur Korrektur des jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für das magere und das fette Gemisch bei durch die Korrekturfaktoren verursachten Regelungsfehlern wird ein Sensor für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis des Abgases eingesetzt. Ein solches Verfahren ist in der amerikanischen Patentschrift U.S. 5,657,625 beschrieben.

Die Erfinder haben festgestellt, daß der obengenannte Ansatz mit einem Nachteil behaftet ist. Bei der Anpassung der gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisse für das magere und das fette Gemisch zur Regelung der Abscheidertemperatur wird nur eine unzureichende Regelung erreicht. Insbesondere dann, wenn der Abscheider eine niedrige Temperatur aufweist, ist zur schnellen Temperaturerhöhung eine große Differenz zwischen den Kraftstoff-Luft-Verhältnissen für das magere und das fette Gemisch wünschenswert. Wenn jedoch die Differenz zwischen den Kraftstoff-Luft-Verhältnissen erhöht wird, während der Abscheider eine niedrige Temperatur aufweist, ist eine anfängliche Untertemperatur festzustellen, weil bis zum Beginn der exothermen Reaktion eine gewisse Zeit verstreicht. Auf diese Weise kann die Temperatur des Abscheiders unter seine Aktivierungstemperatur (Light-Off-Temperatur) sinken. Von diesem Moment an fällt die Temperatur weiter, da die exotherme Reaktion aufgrund der unter der Aktivierungstemperatur liegenden Temperatur des Abscheiders nicht mehr stattfinden kann.

Als weiterer Nachteil bei der Verwendung des obengenannten Lösungsansatzes tritt der Umstand auf, daß bei einer zu großen Differenz zwischen den Kraftstoff-Luft-Verhältnissen für die mit magerem und mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder die Abscheidertemperatur auch dann fallen kann, wenn sie deutlich oberhalb der Aktivierungstemperatur liegt. Der Grund hierfür ist, daß die zusätzlich aus der Differenz der Kraftstoff-Luft-Verhältnisse gewonnene exotherme Wärme nicht groß genug ist, um die niedrigere Abgastemperatur zu kompensieren, die beim Betrieb mit im Verhältnis zur stöchiometrischen Gemischzusammensetzung mageren bzw. fetten Gemischen entsteht.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein System und ein Verfahren zur Regelung der zylinderbezogenen Kraftstoff-Luft-Verhältnisse für die Entschwefelung einer Schadstoffbegrenzungsvorrichtung vorzusehen, wobei die Schadstoffbegrenzungsvorrichtung dadurch erwärmt wird, daß einige Motorzylinder mit magerem Gemisch (Magergemischzylinder) und einige Motorzylinder mit fettem Gemisch (Fettgemischzylinder) arbeiten.

Das obengenannte Ziel wird bei gleichzeitiger Überwindung der Nachteile früherer Lösungsansätze durch ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Schadstoffbegrenzungsvorrichtung erreicht, die in einer Vorrichtung zur Abgasdurchführung eines Verbrennungsmotors mit zumindest einem ersten und einem zweiten Zylinder eingebaut ist, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß anhand der Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung ein gewünschtes mageres Kraftstoff-Luft-Verhältnis für den ersten Zylinder und ein gewünschtes fettes Kraftstoff-Luft-Verhältnis für den zweiten Zylinder erzeugt wird, die genannten gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisse anhand der Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung begrenzt werden, der erste Zylinder mit dem gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis und der zweite Zylinder mit dem gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis arbeitet.

Die Begrenzung des gewünschten mageren bzw. fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ermöglicht es, ungewollte Änderungen der Abscheidertemperatur in einer unerwünschten Richtung zu verhindern. Mit anderen Worten werden bei niedriger Abscheidertemperatur das magere und das fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis auf die Werte getrimmt, mit denen der größtmögliche Temperaturanstieg erreicht wird. Wenn eine Einstellung des mageren und des fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses über diese Werte hinaus zugelassen wird, führt dies zu einer nicht optimalen Temperaturregelung und sogar zu Temperaturänderungen in einer unerwünschten Richtung. Die temperaturabhängige Änderung der Grenzwerte ermöglicht zu jedem Zeitpunkt ein optimales Regelverhalten, so daß eine präzise und schnelle Temperaturregelung erfolgt.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in einer verbesserten Temperaturregelung für  $\text{NO}_x$ -Abscheider. Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in einem verbesserten Wirkungsgrad bei der  $\text{NO}_x$ -Umwandlung aufgrund einer verbesserten Entschwefelung.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden dem Leser dieser Beschreibung ohne weiteres ersichtlich.

Die Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden ohne weiteres unter Bezugnahme auf die Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele unter Berücksichtigung der beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Es zeigen:

Fig. 1 eine Blockdarstellung einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung und

Fig. 2-10 aufgabenorientierte Ablaufdiagramme für verschiedene Vorgänge, die von einem Teil der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt werden.

Fig. 1 zeigt einen Verbrennungsmotor 10 mit mehreren, mit dem Ansaugkrümmer 11 verbundenen Zylindern. Die Motorzylinder können innerhalb eines von einem Grenzwert für mageres Gemisch bis zu einem Grenzwert für fettes Gemisch begrenzten Bereichs für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis arbeiten. Fig. 1 zeigt zwei mit einem mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis arbeitende und zwei mit einem fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis arbeitende Zylinder. Den Zylindern des Motors 10 wird über den von der Drosselklappe 14 gesteuerten Ansaugkrümmer 11 Luft zugeführt. Den mit fettem Gemisch arbeitenden Zylindern wird über die Einspritzdüsen 20 und 22 Kraftstoff zugeführt. Den mit magerem Gemisch arbeitenden Zylindern wird über die Einspritzdüsen 24 und 26 Kraftstoff zugeführt. Die mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder produzieren Abgase, die unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid enthalten, während die mit magerem Gemisch arbeitenden Zylinder einen Abgasstrom mit Sauerstoffüberschuß produzieren. Die fetten Abgase verlassen die mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder durch den Krümmer für fette Abgase 30 und strömen durch den ersten Dreizegkatalysator 32. Die mageren Abgase verlassen die mit magerem Gemisch arbeitenden Zylinder durch den Krümmer für magere Abgase 34 und strömen durch den zweiten Dreizegkatalysator 36. Die mageren und die fetten Abgase werden dann zur Bildung eines Abgasgemischs mit einem für dieses Abgasgemisch spezifischen Kraftstoff-Luft-Verhältnis zusammengeführt, bevor sie in den  $\text{NO}_x$ -Abscheider 40 für magere Gemische gelangen. Die katalytische Aktivität des Abscheiders 40 fördert eine exotherme chemische Reaktion des aus mageren und fetten Gasen gebildeten Abgasgemischs, was zu katalytischer Nachverbrennung, Erzeugung von Wärme und Erhöhung der Temperatur des Abscheiders 40 führt.

Zwar arbeiten in der bevorzugten Ausführungsform zwei Zylinder mit fettem und eine identische Anzahl von Zylindern mit magerem Gemisch, doch sind auch alternative Ausführungsformen möglich. So kann beispielsweise eine beliebige Gesamtanzahl von Zylindern verwendet werden, wobei die Anzahl der mit magerem und der mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder gleichfalls variabel ist. Beispielsweise kann ein Achtzylindermotor fünf mit magerem Gemisch arbeitende und drei mit fettem Gemisch arbeitende Zylinder aufweisen. Die Bestimmung des mageren und des fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses in Systemen mit gleicher oder ungleicher Zylinderverteilung wird im folgenden unter besonderer Bezugnahme auf Fig. 2-10 noch beschrieben werden.

Der Regler 12 ist in Fig. 1 als herkömmlicher Mikrocomputer mit einer Mikroprozessoreinheit (CPU) 102, Anschlüssen für Ein-/Ausgänge 104, einem Nur-Lesespeicher (ROM) 106, einem Arbeitsspeicher (RAM) 108 und einem herkömmlichen Datenbus dargestellt. Es wird gezeigt, daß der Regler 12 verschiedene Signale von den mit dem Motor 10 verbundenen Sensoren 120 empfängt. Desweiteren wird dem Regler 12 über den Temperaturfühler 42 die Temperatur (T) des Abscheiders 40 gemeldet. Alternativ kann die Temperatur (T) unter Verwendung verschiedener Verfahren, die den Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt sind, geschätzt werden.

Der Regler 12 sendet außerdem das Signal fpwr an die Kraftstoff-Einspritzdüsen 20 und 22 und das Signal fpwl an die Kraftstoff-Einspritzdüsen 24 und 26.

Fig. 2-9 sind aufgabenorientierte Ablaufdiagramme für verschiedene, zur Entschwefelung des Abscheiders 40 durchgeführte Vorgänge. Diese Programmteile werden ausgeführt, nachdem festgestellt wurde, daß geeignete Bedingungen zur Abscheiderentschwefelung vorliegen. Zur Bestimmung der Eingangsbedingungen, beispielsweise wenn eine über einem vorbestimmten Wert liegende Fahrzeuggeschwindigkeit und ein unter einem vorbestimmten Wert liegender Wirkungsgrad der Stickoxidabscheidung vorliegen, sind verschiedene Verfahren bekannt. Weitere Bedingungen wie Motordrehzahl, Motorlast und Getriebeübersetzungsverhältnis können hinzugezogen werden. Im allgemeinen findet die Abscheiderentschwefelung statt, wenn der Abscheider 40 mit Schwefel gesättigt ist und eine Verschlechterung in seiner Wirksamkeit erkannt wurde bzw. vermutet wird. Desweiteren ist, wie im folgenden noch beschrieben werden wird, eine Mindesttemperatur des Abscheiders erforderlich, damit eine Oxidation der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids durch den überschüssigen Sauerstoff gewährleistet ist.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 wird ein Programmteil zur Vorausberechnung der Temperatur (T) des Abscheiders 40 beschrieben. Zunächst wird in Schritt 210 am Sensor 42 die Ist-Temperatur abgefragt. Wie oben bereits beschrieben worden ist, kann die Ist-Temperatur des Abscheiders unter Verwendung verschiedener Verfahren, die den Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt sind, geschätzt werden. Anschließend wird in Schritt 212 die voraussichtliche Änderung der Abscheidertemperatur ( $\Delta T$ ) anhand der Differenz zwischen dem aktuellen Temperaturwert (T) und dem vorherigen Temperaturwert (Tpre), dividiert durch die Prüfzeit ( $\Delta t$ ), berechnet. Anschließend wird in Schritt 214 die voraussichtliche Änderung der Abscheidertemperatur ( $\Delta T$ ) zwischen dem Höchst- und dem Mindestwert getrimmt, wobei es sich beim Höchst- und beim Mindestwert um vorbestimmte kalibrierbare Werte handelt. Anschließend wird in Schritt 216 zur Bildung des vorausgesagten Temperaturwerts (Tp) die getrimmte voraussichtliche Änderung der Abscheidertemperatur ( $\Delta T$ ) zum aktuellen Temperaturwert (T) addiert. In Schritt 218 wird für die vorherige Temperatur (Tpre) der aktuelle Temperaturwert (T) eingesetzt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 3 wird ein Programmteil zur Ermittlung eines Rückmeldungs Betrags zur Regelung der Abscheidertemperatur (T) auf eine gewünschte Temperatur (Tdes) beschrieben. In Schritt 310 wird die gewünschte Entschwefelungstemperatur (Tdes) für den Abscheider 40 ermittelt. In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich hierbei um einen vorbestimmten konstanten Wert. Die gewünschte Temperatur kann jedoch anhand verschiedener Faktoren wie beispielsweise dem Wirkungsgrad des Abscheiders, dem Alter des Abscheiders und beliebigen weiteren Faktoren, deren beeinträchtigende Wirkung auf die optimale Entschwefelungstemperatur den Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt ist, angepaßt werden. Anschließend wird in Schritt 312 aus der Differenz zwischen der gewünschten Temperatur (Tdes) und der vorausgesagten Temperatur (Tp) der Temperaturfehler (e) berechnet. In Schritt 314 wird der Temperaturfehler (e) mittels eines Proportional-Integralreglers (den Fachleuten auf diesem Gebiet als PI-Regler bekannt) verarbeitet, damit das magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis für die Magergemischzylinder eine Korrektur ( $\Delta \text{LFB}$ ) erfährt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 4 wird ein Programmteil zur Berechnung eines vorausgesteuerten Korrekturwerts (Feed-Forward-Korrekturwert) für das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis unter Berücksichtigung der Motorlaständerungen beschrieben. Zunächst wird in Schritt 410 die Motorlast abgefragt. In einer bevorzugten Ausführungsform stellt die Motorlast das Verhältnis aus dem beispielsweise mittels eines Luftmassenmessers ermittelten Luftdurchfluß im Motor und der Motordrehzahl dar. Anschließend wird in Schritt 412 die motorlastbedingte Anpassung des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ( $\lambda_{LLA}$ ) als Produkt aus Last und vorbestimmtem Zuwachs (GI) berechnet. Die Lastkorrektur ist notwendig, weil die Motorlast einen großen Einfluß darauf hat, wieviel Wärme dem Abscheider 40 zugeführt wird. Wenn beispielsweise die Kraftstoff-Luft-Verhältnisse für die Magergemisch- und Fettgemischzylinder konstant gehalten werden, aber eine wesentliche Steigerung des Luftdurchflusses auftritt, wird dem Abscheider 40 wesentlich mehr Wärme zugeführt.

Unter Bezugnahme auf Fig. 5 wird ein Programmteil zur Ermittlung einer gewünschten Voranreicherung beschrieben, mit der das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis versehen werden soll. Die gewünschte Voranreicherung dient als geringfügige Voranreicherung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses des Gemischs. Dieses geringfügig angefettete Gemisch setzt im Abscheider das eingelagerte Schwefeloxid frei, wenn der Abscheider, wie bereits beschrieben worden ist, die geeignete Entschwefelungstemperatur aufweist. Außerdem erzeugt diese Voranreicherung zusätzliche exotherme Wärme, die eine weitere Erhöhung der Abscheidertemperatur fördert. Um diesem Umstand im Sinne einer Voraussteuerung Rechnung zu tragen, wird die Voranreicherung auch zur Anpassung (Verringerung) der gewünschten Differenz zwischen dem mageren und dem fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis verwendet. Auf diese Weise wird die aus der Voranreicherung zugeführte zusätzliche Wärme voraussteuernd dadurch neutralisiert, daß weniger exotherme Wärme aus der Reaktion der mageren und der fetten Abgase vorgesehen wird. Auf diese Weise kann die Abscheidertemperatur auch bei Zuführung der Voranreicherung präziser auf eine gewünschte Temperatur eingeregelt werden.

Zunächst wird in Schritt 510 ermittelt, ob die Abscheidertemperatur (T) höher oder gleich der gewünschten Temperatur (Tdes) ist. Wenn die Antwort bei Schritt 510 NEIN lautet, wird der Parameter (time\_at\_temp), der die Zeitdauer erfaßt, während der der Abscheider die gewünschte oder eine höhere Temperatur aufweist, wie in Schritt 512 gezeigt, angepaßt. Andernfalls wird der Parameter time\_at\_temp, wie in Schritt 514 gezeigt, angepaßt. Anschließend wird in Schritt 516 ermittelt, ob die Abscheidertemperatur (T) höher oder gleich der gewünschten Temperatur (Tdes) ist und ob der Parameter time\_at\_temp größer als der vorbestimmte Wert min\_time ist. Der Wert min\_time stellt die Mindestzeit dar, während der die Abscheidertemperatur (T) höher oder gleich der gewünschten Temperatur (Tdes) sein muß, bevor eine Entschwefelung stattfinden kann. Wenn die Antwort bei Schritt 516 NEIN lautet, wird die Anpassung der Voranreicherung ( $\lambda_{LRB}$ ) in Schritt 518 auf Null gesetzt. Andernfalls wird in Schritt S20 der Anpassungswert für die Voranreicherung ( $\lambda_{LRB}$ ) anhand der gewünschten Voranreicherung (RB) und dem Parameter time\_at\_temp berechnet. Im allgemeinen dient der Wert time\_at\_temp dazu, dem gesamten Abscheidermaterial das Erreichen der gewünschten Temperatur (Tdes) zu ermöglichen. Beispielsweise kann zur Berechnung von ( $\lambda_{LRB}$ ) ein Filter für einen gleitenden Mittelwert verwendet werden.

Unter Bezugnahme auf Fig. 6 wird ein Programmteil zum Trimmen des gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses beschrieben. Zunächst wird in Schritt 610 ermittelt, ob die Abscheidertemperatur (T) höher als die Summe aus einem unteren Regelgrenzwert (TLO) und einem Sicherheitsfaktor (SF) ist. Wenn die Antwort bei Schritt 610 NEIN lautet, wird anschließend in Schritt 612 für den temporären Wert (temp) das stöchiometrische Kraftstoff-Luft-Verhältnis (S) eingesetzt. Dadurch wird verhindert, daß einige Zylinder mit magerem Gemisch und einige Zylinder mit fettem Gemisch unterhalb der Aktivierungstemperatur des Abscheiders arbeiten. Mit anderen Worten verursacht der Betrieb mit magerem und fettem Gemisch zur Temperaturregelung unterhalb einer Aktivierungstemperatur in der Tat eine Verringerung der Temperatur des Abscheiders 40. Dies bewirkt eine Regelungsumkehr und verursacht eine Instabilität des Reglers, was wiederum zu einer Leistungsver schlechterung führt.

Wenn, wie weiter aus Fig. 6 ersichtlich ist, die Antwort bei Schritt 610 JA lautet, wird in Schritt 614 ermittelt, ob die Abscheidertemperatur (T) niedriger als der obere Temperaturgrenzwert (high\_limit) ist, wobei high\_limit eine über der Summe aus dem unteren Regelgrenzwert (TLO) und dem Sicherheitsfaktor (SF) liegende Temperatur darstellt. High\_limit stellt einen Grenzwert dar, unterhalb dessen zur Vermeidung eines unzureichenden Regelungsverhaltens keine Regelung mit geschlossenem Regelkreis durchgeführt wird. Wenn die Antwort bei Schritt 614 JA lautet, wird anschließend in Schritt 616 für den temporären Wert (temp) ein vorbestimmter konstanter Wert ( $\lambda_{LL}$ ) eingesetzt. Dieser vorbestimmte konstante Wert bietet den folgenden Vorteil: Wenn versucht wird, unterhalb einer bestimmten Temperatur eine Temperaturregelung mit geschlossenem Regelkreis durchzuführen, kann es vorkommen, daß sich der Abscheider anfänglich soweit abkühlt, daß seine Temperatur unter die Aktivierungstemperatur fällt. Wenn die Regelung also nicht erfindungsgemäß durchgeführt wird, kann auf diese Weise ein unendlicher Zyklus auftreten, in dem die Abscheidertemperatur nie auf den gewünschten Wert eingeregelt wird. Der konstante Wert ( $\lambda_{LL}$ ) wird anhand experimenteller Tests ermittelt, um einen gewissen annehmbaren Temperaturerhöhungsbetrag für den Abscheider 40 vorzusehen.

Wenn, wie weiter aus Fig. 6 ersichtlich ist, die Antwort auf Schritt 614 NEIN lautet, wird für den temporären Wert (temp) das in Schritt 710 ermittelte und im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschriebene gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_L$ ) eingesetzt. Anschließend wird in Schritt 619 der temporäre Wert auf einen Höchstgrenzwert L1 getrimmt. Der Höchstgrenzwert L1 stellt das magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis dar, bei dem, wie im folgenden unter besonderer Bezugnahme auf Fig. 10 noch beschrieben werden wird, zur Erhöhung der Abscheidertemperatur eine maximale inkrementale Wärmezufuhr erfolgt. Bei Einsatz der alternativen Ausführungsformen kann der Höchstgrenzwert das fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis oder die Differenz zwischen den Kraftstoff-Luft-Verhältnissen darstellen, bei dem bzw. bei der zur Erhöhung der Abscheidertemperatur eine maximale inkrementale Wärmezufuhr erfolgt. Damit keine Motorfehlzündungen oder anderen Grenzbedingungen für die Motorstabilität auftreten, können außerdem zusätzliche Grenzwerte verwendet werden. Beispielsweise kann das maximale magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis anhand von Abbildungsdaten für Motorparameter getrimmt werden, so daß keine Motorfehlzündungen auftreten. In Schritt 1020 wird für das getrimmte gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis der temporäre Wert (temp) eingesetzt.

Wenn wie hier beschrieben die Reihenfolge der Schritte umgekehrt wird und zunächst das gewünschte fette Kraftstoff-

Luft-Verhältnis berechnet wird, kann im obigen Programmteil einfach das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis mit geeigneter Anpassung der Kalibrierungsparameter anstelle des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses eingesetzt werden. Analog kann mittels einfacher Ersetzung auch der Wertebereich für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis verwendet werden.

Unter Bezugnahme auf Fig. 7 wird das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_L$ ) zur Regelung der Kraftstoffeinspritzung in die Magergemischzylinder berechnet, wobei der Parameter  $\lambda$  ein den Fachleuten auf diesem Gebiet bekanntes relatives Kraftstoff-Luft-Verhältnis angibt. In Schritt 710 wird das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_L$ ) berechnet, wobei GRB einen vorbestimmten Zuwachs darstellt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_L$ ) wie nachfolgend gezeigt berechnet:

$$\lambda_L = (-\lambda_{LRB} \cdot GRB - \lambda_{LLA} + \lambda_{LFB})$$

Unter Bezugnahme auf Fig. 8 wird das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_R$ ) anhand des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses berechnet. Das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis dient zur Regelung der Kraftstoffeinspritzung in die mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder. Zunächst wird in Schritt 810 das getrimmte gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_{Ld}$ ) aus dem oben unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschriebenen Schritt 620 abgefragt. Anschließend wird in Schritt 812 das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis des Abgasgemischs ( $\lambda_{des}$ ) ermittelt, wobei sich der Parameter ( $\lambda$ ) wiederum auf ein relatives Kraftstoff-Luft-Verhältnis bezieht. In Schritt 814 wird das Verhältnis ( $R$ ) aus der Anzahl der Magergemischzylinder und der Anzahl der Fettgemischzylinder berechnet. Anschließend wird in Schritt 816 das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\lambda_R$ ) nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\lambda_R = \frac{\lambda_{des} * \lambda_{Ld}}{\lambda_{Ld}(1 + R) - \lambda_{des} * R}$$

Diese Gleichung kann vereinfacht werden, wenn das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis einer stöchiometrischen Gemischzusammensetzung entspricht und das Verhältnis ( $R$ ) für die folgende Gleichung gleich Eins ist:

$$\lambda_R = \frac{\lambda_{Ld}}{2 * \lambda_{Ld} - 1}$$

In einer alternativen Ausführungsform kann die Berechnungsreihenfolge hinsichtlich des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses umgekehrt werden. Mit anderen Worten kann das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis anhand der Rückmeldungskorrektur ( $\lambda_{LFB}$ ), der Anpassung durch die Voranreicherung ( $\lambda_{LRB}$ ) und der Anpassung des mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ( $\lambda_{LLA}$ ) berechnet und in ähnlicher Weise wie das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis getrimmt werden. Anschließend wird das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\lambda_L = \frac{\lambda_{des} * \lambda_{Rd} * R}{\lambda_{Rd}(1 + R) - \lambda_{des}}$$

In einer weiteren alternativen Ausführungsform kann die Abscheidertemperatur ( $T$ ) mittels des Wertebereichs des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses und der Differenz zwischen dem mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis und dem fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis berechnet werden. In diesem Fall wird der Wertebereich für das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\Delta\lambda$ ) anhand des Temperaturfehlers, der vorausgesteuerten Lastkorrektur und der vorausgesteuerten Voranreicherungskorrektur ermittelt. Der Wertebereich für das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis ( $\Delta\lambda$ ) kann anschließend in ähnlicher Weise wie beim Trimmen des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses getrimmt werden. Anschließend können das gewünschte magere Kraftstoff-Luft-Verhältnis und das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis wie in den nachfolgenden Gleichungen gezeigt ermittelt werden:

$$\lambda_L = \frac{1}{2} \left( \Delta\lambda_d + \lambda_{des} + \frac{\sqrt{R(\Delta\lambda_d - \lambda_{des})^2 + (\Delta\lambda_d + \lambda_{des})^2}}{\sqrt{R + 1}} \right)$$

Für den einfachen Fall, in dem das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis des Abgasgemischs ( $\lambda_{des}$ ) einer stöchiometrischen Gemischzusammensetzung entspricht und das Verhältnis ( $R$ ) gleich Eins ist, kann die folgende, einfachere Gleichung verwendet werden:

$$\lambda_L = \frac{1}{2} + \frac{\Delta\lambda_d}{2} + \frac{\sqrt{1 + (\Delta\lambda_d)^2}}{2}$$

Anschließend wird das gewünschte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis einfach anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$\lambda_R = \lambda_L - \Delta\lambda_d$$

Unter Bezugnahme auf Fig. 9 wird ein Programmteil zur Berechnung der Signale für die Impulsbreite der Kraftstoff-

feinspritzung (fpwL und fpwR) beschrieben. In Schritt 910 wird die Impulsbreite für die magere Kraftstoffeinspritzung anhand des über den Luftmassenmesser (MAF) ermittelten Luftdurchflusses im Motor, der Anzahl der mit magerem und mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder, des stöchiometrischen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses (S) und des gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ( $\lambda_L$ ) berechnet. Anschließend wird in Schritt 912 die Impulsbreite für die fette Kraftstoffeinspritzung anhand des über den Luftmassenmesser (MAF) ermittelten Luftdurchflusses im Motor, der Anzahl der mit magerem und mit fettem Gemisch arbeitenden Zylinder, des stöchiometrischen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses (S), des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ( $\lambda_R$ ) und der Voranreicherungskorrektur ( $\lambda_{LRB}$ ) berechnet.

Unter Bezugnahme auf Fig. 10 ist ein Graph dargestellt, der eine Näherungsbeziehung zwischen der inkrementalen Wärmezufuhr zum Abscheider und dem mageren Kraftstoff-Luft-Gemisch ( $\lambda_L$ ), der Differenz zwischen den Kraftstoff-Luft-Verhältnissen ( $\Delta\lambda$ ) oder dem Kehrwert des fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses ( $\lambda_R$ )<sup>-1</sup> darstellt. Der Graph zeigt einen bestimmten, die maximale Wärmezufuhr darstellenden Wert. Eine Erhöhung der Temperatur über diesen Punkt hinaus führt zu einer geringeren oder sogar negativen Wärmezufuhr zum Abscheider. Auf diese Weise muß die Regelung zur Verhinderung von Regelinstabilitäten und einer nicht optimalen Regelung auf den Wert L1 begrenzt werden. Die inkrementale Wärmezufuhr zum Abscheider kann relativ zur stöchiometrischen Gemischzusammensetzung ermittelt werden. Bei der inkrementalen Wärmezufuhr ist sowohl die aufgrund des von der stöchiometrischen Zusammensetzung abweichenden Betriebs auftretende Abkühlung der aus dem Motor strömenden Abgase als auch die proportional zur Differenz zwischen dem mageren und dem fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis erfolgende Wärmezufuhr durch die exotherme Reaktion berücksichtigt.

Es sind bereits verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben worden, aber die Erfindung ist nicht auf diese beschränkt, sondern es gibt noch weitere Beispiele, die ebenfalls beschrieben werden könnten. Beispielsweise kann die Erfindung vorteilhafterweise auch zusammen mit Direkteinspritzungsmotoren verwendet werden, in denen NO<sub>x</sub>-Abscheider eingesetzt werden können. Die Erfindung ist daher nur durch die anhängenden Ansprüche definiert.

25

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Temperatur einer in einer Vorrichtung zur Abgasdurchführung eines Verbrennungsmotors mit zumindest einem ersten und einem zweiten Zylinder eingebauten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
- Erzeugung eines gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten Zylinder und eines gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den zweiten Zylinder anhand der Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung,
- Begrenzung des genannten mageren und des genannten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses anhand der Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung,
- Betrieb des ersten Zylinders mit dem gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis und Betrieb des zweiten Zylinders mit dem gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das begrenzte magere und das begrenzte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis anhand einer relativ zum Betrieb mit stöchiometrischer Gemischzusammensetzung definierten inkrementalen Wärmezufuhr zur Vorrichtung getrimmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das begrenzte magere und das begrenzte fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis anhand von Grenzwerten für die Motorstabilität getrimmt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Schritt zur Begrenzung des mageren und des fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses außerdem die folgenden Schritte beinhaltet:
- Einsetzen vorbestimmter Werte für das genannte gewünschte magere und fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis, wenn die Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung höher als ein unterer Wert und niedriger als ein oberer Wert ist und
- Einstellen des genannten gewünschten mageren und fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses anhand einer Differenz zwischen einer gewünschten Temperatur und der Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung, wenn die Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung höher als der genannte obere Wert ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das gewünschte magere und fette Kraftstoff-Luft-Verhältnis mit der stöchiometrischen Gemischzusammensetzung gleichgesetzt werden, wenn die Temperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung niedriger als der genannte untere Wert ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Wert anhand der Aktivierungstemperatur (Light-Off-Temperatur) der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung um einen NO<sub>x</sub>-Abscheider handelt.
8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte untere Wert anhand der Summe aus der genannten Aktivierungstemperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung und einem vorbestimmten Versatzwert ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte inkrementale Wärmezufuhr zusätzliche, durch Erhöhung der Differenz zwischen dem gewünschten mageren und dem gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis zur Vorrichtung zugeführte Wärme darstellt, wobei entsprechende Verringerungen der einzelnen Abgastemperaturen aus dem ersten und dem zweiten Zylinder berücksichtigt werden.
10. Verfahren zur Regelung der Temperatur einer in einer Vorrichtung zur Abgasdurchführung eines Verbrennungsmotors mit zumindest einem ersten und einem zweiten Zylinder eingebauten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
- Erzeugung eines gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten Zylinder und eines gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den zweiten Zylinder zur Regelung der Temperatur der Schadstoffbe-



grenzungsvorrichtung,

Einstellung des gewünschten mageren und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses auf vorbestimmte Werte, wenn die Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung höher als ein unterer Wert und niedriger als ein oberer Wert ist,

Einstellung des gewünschten mageren und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses anhand einer Differenz zwischen einer gewünschten Temperatur und der Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung, wenn die Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung höher als der genannte obere Wert ist, Einstellung des gewünschten mageren und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses auf die stöchiometrische Gemischzusammensetzung, wenn die Temperatur der genannten Schadstoffbegrenzungsvorrichtung niedriger als der genannte untere Wert ist und

Betrieb des ersten Zylinders mit dem gewünschten mageren Kraftstoff-Luft-Verhältnis und

Betrieb des zweiten Zylinders mit dem gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnis.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem das Trimmen des gewünschten mageren und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses anhand einer relativ zum Betrieb der genannten Zylinder mit stöchiometrischer Gemischzusammensetzung definierten inkrementalen Wärmezufuhr erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß außerdem das Trimmen des gewünschten mageren und des gewünschten fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses anhand von Grenzwerten für die Motorstabilität erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte untere Wert anhand einer Aktivierungstemperatur der Schadstoffbegrenzungsvorrichtung ermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der genannten Schadstoffbegrenzungs- vorrichtung um einen NO<sub>x</sub>-Abscheider handelt.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte untere Wert anhand der Summe aus der Aktivierungstemperatur und einem vorbestimmten Versatzwert ermittelt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte inkrementale Wärmezufuhr zusätzliche, durch Erhöhung der Differenz zwischen dem gewünschten mageren und dem gewünschten fetten Kraftstoff- Luft-Verhältnis zur Vorrichtung zugeführte Wärme darstellt, wobei entsprechende Verringerungen der einzelnen Abgastemperaturen aus dem ersten und dem zweiten Zylinder berücksichtigt werden.

17. Produktionsartikel, gekennzeichnet durch:

ein Computerspeicher-Medium mit einem codierten Computerprogramm zur Regelung der zumindest einem ersten und einem zweiten Zylinder eines Motors zugemessenen Kraftstoffmenge anhand jeweils eines gewünschten Kraft- stoff-Luft-Verhältnisses für den ersten und den zweiten Zylinder, wobei der Motor eine Vorrichtung zur Abgas- durchführung mit einem eingebauten NO<sub>x</sub>-Abscheider aufweist und das genannte Computerspeicher-Medium ge- kennzeichnet ist durch:

Code zur Erzeugung des gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten Zylinder und des gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den zweiten Zylinder zur Regelung der Temperatur des genannten Abscheiders, Code zur Begrenzung des jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten und den zweiten Zylinder anhand der genannten Abscheidertemperatur und

Code zum Trimmen des jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten und den zweiten Zylinder anhand einer relativ zum Betrieb mit stöchiometrischer Gemischzusammensetzung definierten inkrementalen Wär- mezuführung zum genannten Abscheider.

18. Produktionsartikel nach Anspruch 17, wobei das genannte Medium außerdem gekennzeichnet ist durch:

Code zum Trimmen des jeweils für den ersten und den zweiten Zylinder begrenzten gewünschten Kraftstoff-Luft- Verhältnisses anhand der genannten, relativ zum Betrieb mit stöchiometrischer Gemischzusammensetzung definier- ten inkrementalen Wärmezuführung zum genannten Abscheider, wobei die inkrementale Wärmezuführung zusätz- liche, durch Erhöhung der Differenz zwischen dem jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnis für den ersten und den zweiten Zylinder zur Vorrichtung zugeführte Wärme darstellt, wobei entsprechende Verringerungen der einzelnen Abgastemperaturen aus dem ersten und dem zweiten Zylinder berücksichtigt werden.

19. Produktionsartikel nach Anspruch 17, wobei das genannte Medium gekennzeichnet ist durch:

Code zum Einstellen des jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten und den zweiten Zylinder auf vorbestimmte Werte, wenn die Abscheidertemperatur über einem oberen Wert liegt,

Code zum Einstellen des jeweils gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses für den ersten und den zweiten Zylinder anhand einer Differenz zwischen einer gewünschten Temperatur und der genannten Abscheidertemperatur, wenn die Abscheidertemperatur niedriger als der genannte obere Wert und höher als ein unterer Wert ist und

Code zum Einstellen des gewünschten mageren und fetten Kraftstoff-Luft-Verhältnisses auf die stöchiometrische Gemischzusammensetzung, wenn die Abscheidertemperatur niedriger ist als der genannte untere Wert.

20. Produktionsartikel nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte untere Wert anhand einer Ak- tivierungstemperatur des Abscheiders ermittelt wird.

21. Produktionsartikel nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte untere Wert anhand der Summe aus der Aktivierungstemperatur des Abscheiders und einem vorbestimmten Versatzwert ermittelt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY



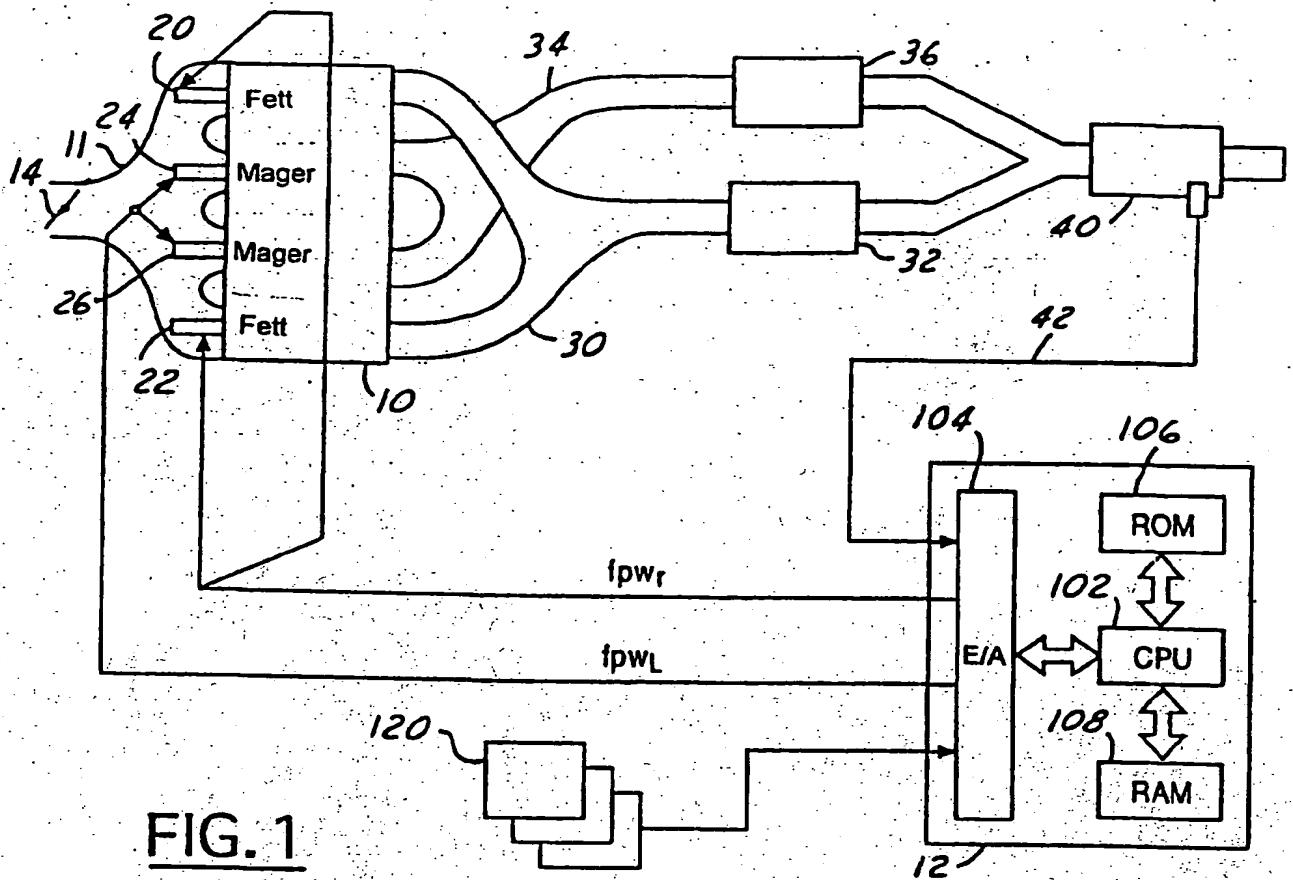


FIG. 1

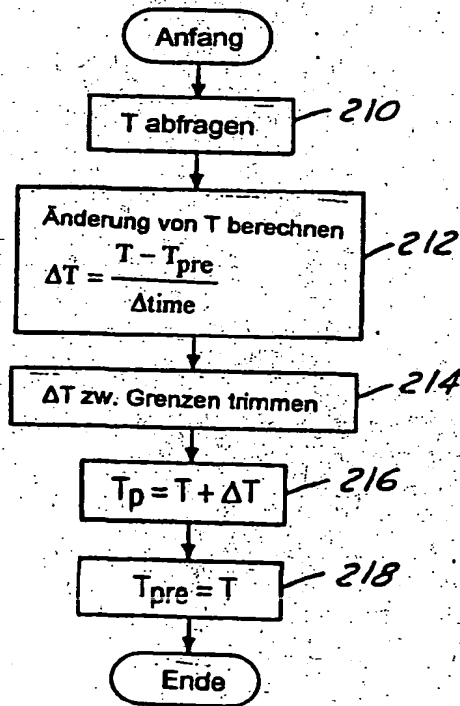


FIG. 2

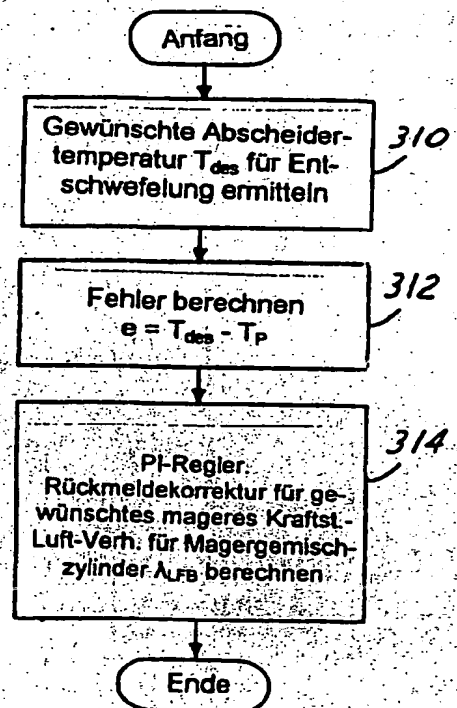


FIG. 3

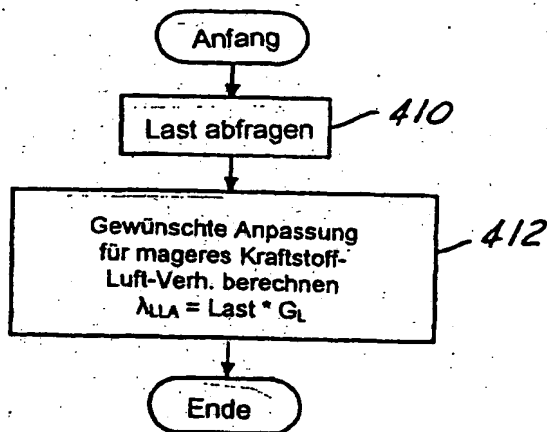


FIG. 4

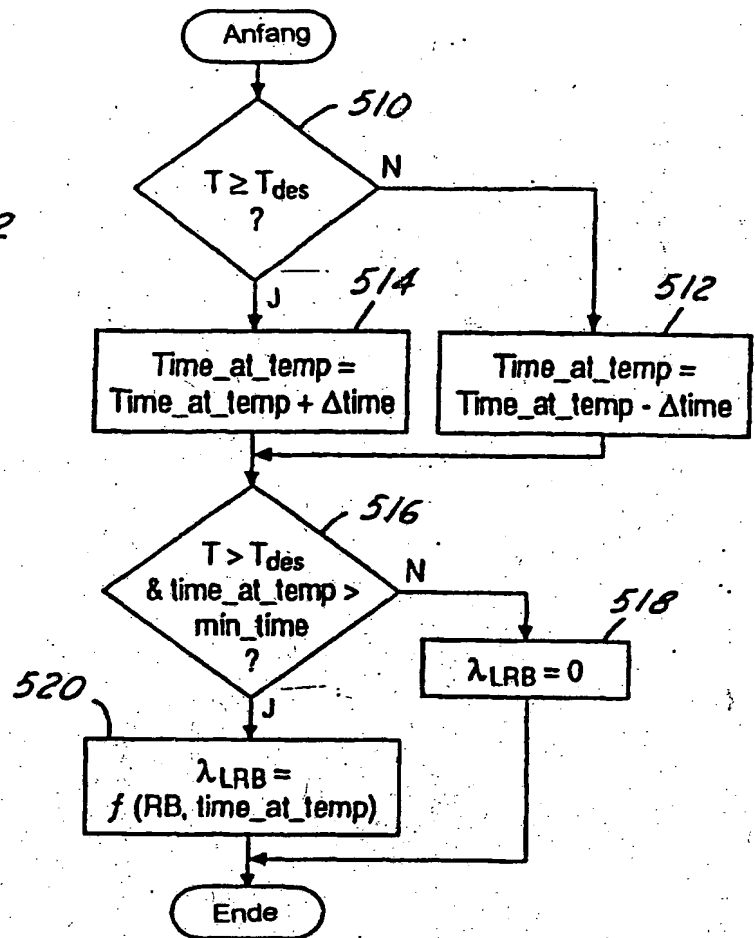


FIG. 5

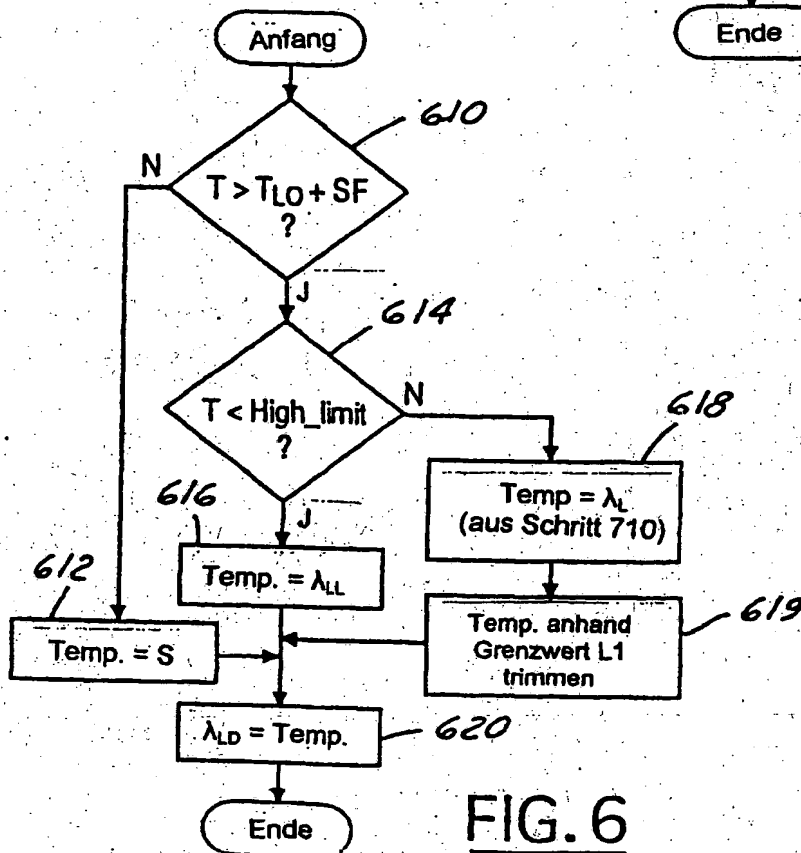
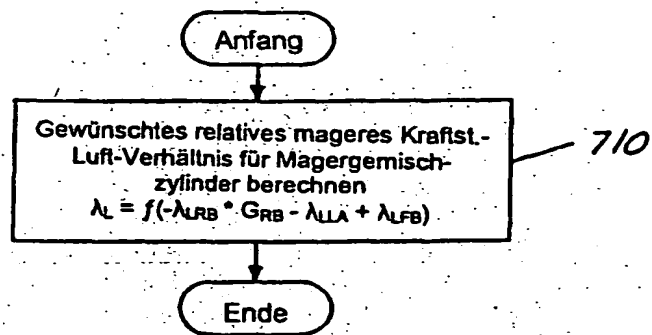
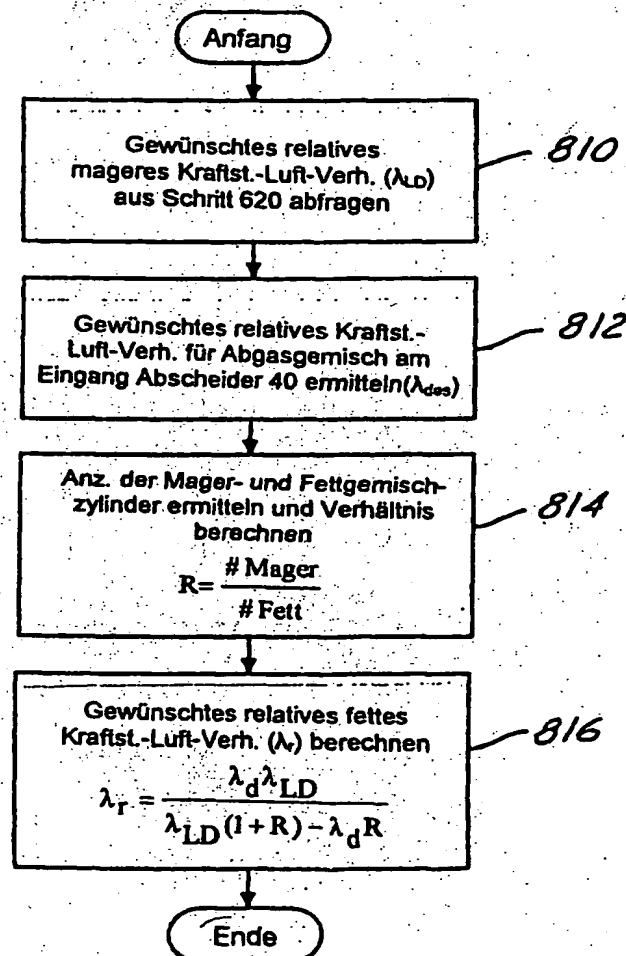


FIG. 6

FIG. 7FIG. 8

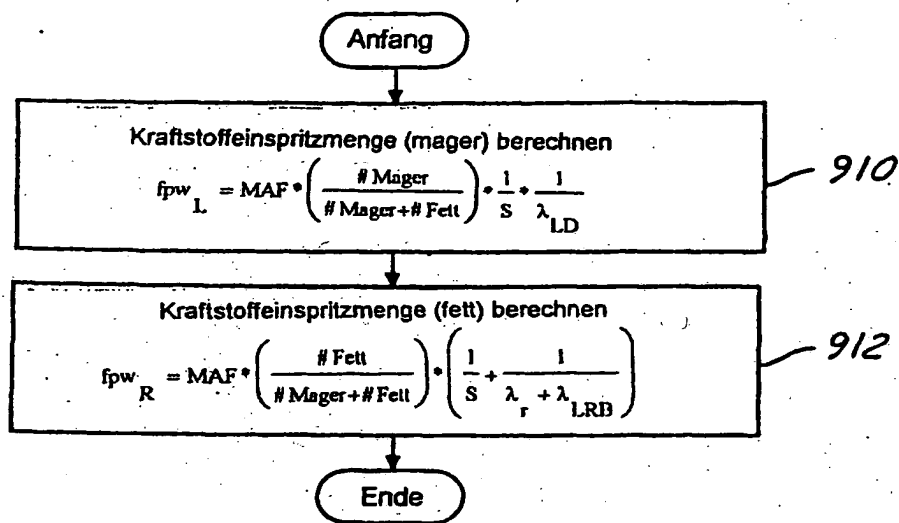


FIG. 9

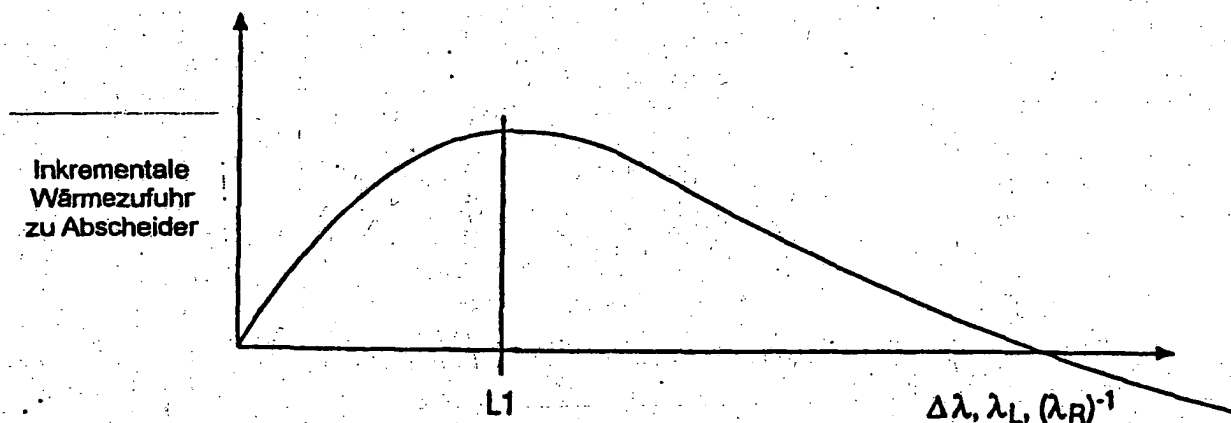


FIG. 10